



# TRABAJO FIN DE GRADO

.....

## DETERMINACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A LA PENETRACIÓN DE AGUA ATMOSFÉRICA EN FACHADAS DE VARIAS COMUNIDADES AUTONOMAS ESPAÑOLAS

.....

Autor

Alberto Ferrer Ferrer

Director

José María Pérez Bella

.....

Escuela de Ingeniería y Arquitectura

2015-2016



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D<sup>a</sup>. Alberto Ferrer Ferrer,

con nº de DNI 25471487-E en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)  
GRADO, (Título del Trabajo)

Determinación de la exposición a la penetración de agua atmosférica en  
fachadas de varias comunidades autónomas españolas.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, 24 de Junio de 2016

Fdo:

# Determinación de la exposición a la penetración de agua atmosférica en fachadas de varias comunidades autónomas españolas

## **RESUMEN**

El humedecimiento de las fachadas, genera patologías en los edificios y mal estar a sus usuarios. Para evitarlo, el Código Técnico de la Edificación, establece el grado de impermeabilidad que han de garantizar las fachadas de los edificios, basándose en registros pluviométricos anuales y en estimaciones de velocidad de viento las cuales no simultáneas a dichos registros. Como resultado, el grado de impermeabilidad garantizado no se ajusta a la exposición real de las fachadas a la penetración de agua atmosférica. Aplicando métodos de caracterización aceptados internacionalmente, este TFG proporciona una caracterización más fiable y precisa de esta exposición.

Se recopilan datos diarios simultáneos de precipitación, velocidad y dirección del viento, recogidos en un elevado número de estaciones meteorológicas de las comunidades autónomas del País Vasco, La Rioja, Islas Canarias e Islas Baleares. Utilizando expresiones recogidas en la bibliografía científica, se determina en cada emplazamiento la exposición de las fachadas a la lluvia batiente y a la presión eólica simultánea, aspectos ambos que condicionan el riesgo de penetración de humedad en las mismas. Los resultados obtenidos se analizan y comparan con el CTE, presentando un mapa de exposición para caracterizar el territorio de las CC.AA. estudiadas, detallando incluso que fachada es en cada caso la más expuesta.

Fases del trabajo:

- Búsqueda y recopilación de datos climáticos accesibles de precipitación, velocidad y dirección del viento en un número significativo de estaciones meteorológicas, distribuidas por varias CC.AA. españolas del norte de la Península Ibérica y en los archipiélagos canario y balear.
- Preparación de la base de datos y obtención de los resultados de exposición buscados.
- Análisis de los resultados obtenidos y comparación con resultados disponibles para otras CC.AA.
- Representación gráfica de los resultados, mediante mapa de isocías, para una caracterización inmediata de la exposición a la penetración de humedad en fachadas de cualquier emplazamiento, incluyendo mapa gráfico de la fachada más expuesta en cada emplazamiento.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	4
2. OBJETIVO.....	6
3. APLICACIÓN DEL CTE.....	7
3.1 DESMONTANDO EL CTE.....	10
4. PARÁMETROS DE EXPOSICIÓN .....	12
4.1. LLUVIA BATIENTE DRI.....	13
4.2. PRESIÓN EÓLICA SIMULTÁNEA.....	15
4.3. LA COMBINACIÓN DE AMBOS PARÁMETROS.....	16
5. COMUNIDADES ESTUDIADAS Y PROCEDIMIENTO SEGUIDO .....	17
5.1. PAÍS VASCO.....	18
5.2. LA RIOJA.....	19
5.3. LAS ISLAS CANARIAS.....	20
5.4. LAS ISLAS BALEARES.....	21
6. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	22
6.1 PARÁMETROS daDRI Y DRWP.....	22
6.2. PARÁMETRO RIWP.....	28
6.3. COMPARACIÓN CON EL CTE.....	31
6.4. PRESIÓN EÓLICA FRENTE AL DRWP.....	32
6.5. PLUVIOMETRÍA FRENTE AL daDRI.....	32
7. CONCLUSIONES .....	33
8. BIBLIOGRAFÍA .....	34
9. ANEXOS .....	37

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Fig1. Zonas eólicas definidas en base al valor básico de la velocidad del viento y asignación del grado de exposición al viento

Fig2. Selección del tipo de terreno, en función de sus características. CTE.

Fig3. Zonas pluviométricas y asignación del grado de impermeabilidad de la fachada.

Fig4. Condiciones de la Solución de fachada, en función a su grado de impermeabilidad.

Fig5. Esquema explicativo del fundamento de la lluvia batiente y la presión eólica.

Fig6. Esquema del parámetro DRI, en función del intervalo de datos.

Fig7. Rango de riesgo en función del valor del parámetro RIWP.

Fig8. Emplazamiento de las comunidades estudiadas.

Fig9. Zonas climáticas País Vasco.

Fig10. Mapa Estaciones Climatológicas País Vasco.

Fig11. Densidad Estaciones Climatológicas en País Vasco.

Fig12. Zonas climáticas La Rioja.

Fig13. Mapa Estaciones Climatológicas La Rioja.

Fig14. Densidad Estaciones Climatológicas en La Rioja.

Fig15. Zonas climáticas Islas Canarias.

Fig16. Mapa Estaciones Climatológicas Islas Canarias.

Fig17. Densidad Estaciones Climatológicas Islas Canarias.

Fig18. Zonas climáticas Islas Baleares.

Fig19. Mapa Estaciones Climatológicas Islas Baleares.

Fig20. Densidad Estaciones Climatológicas Islas Baleares.

Fig21. Valores del parámetro  $daDRI(m^2/s)$ , en País Vasco.

Fig22. Intervalo  $daDRI$ , en País Vasco.

Fig23. Valores del parámetro  $DRWP(Pa)$ , en País Vasco.

Fig24. Intervalo  $DRWP$ , en País Vasco.

Fig25. Valores del parámetro  $daDRI(m^2/s)$ , en La Rioja.

Fig26. Intervalo  $daDRI$ , en La Rioja.

Fig14. Valores del parámetro  $DRWP (Pa)$ , en La Rioja.

Fig27. Intervalo DRWP, en La Rioja.

Fig28. Valores del parámetro daDRI( $m^2/s$ ), en las Islas Canarias.

Fig29. Intervalo daDRI, en las Islas Canarias.

Fig30. Valores del parámetro DRWP (Pa), en las Islas Canarias.

Fig31. Intervalo DRWP, en las Islas Canarias.

Fig32. Valores del parámetro daDRI( $m^2/s$ ), en las Islas Baleares.

Fig33. Intervalo DRWP, en las Islas Baleares.

Fig34. Valores del parámetro DRWP (Pa), en las Islas Baleares.

Fig35. Intervalo DRWP, en las Islas Baleares.

Fig36. Valores del parámetro RIWP, en País Vasco.

Fig37: Intervalo RIWP, en País Vasco.

Fig38. Valores del parámetro RIWP, en La Rioja.

Fig39. Intervalo DRWP, en La Rioja.

Fig40. Valores del parámetro RIWP, en las Islas Canarias.

Fig41. Intervalo RIWP, en las Islas Canarias.

Fig42. Valores del parámetro RIWP, en las Islas Baleares.

Fig43. Intervalo RIWP, en las Islas Baleares.

## 1. INTRODUCCIÓN

El constante humedecimiento y la entrada de agua atmosférica en la fachadas, tal y como ocurre con otros cerramientos de los edificios, puede causar, no solo un deterioro de las mismas, sino también del medio ambiente. Reducirá su durabilidad [1] [2], disminuirá la capacidad de aislamiento de los materiales que la constituyen [3] [4], (aspecto que se plasma en un mayor gasto energético), o incluso podrá llegar a causar molestias o enfermedades en los usuarios [5] [6], en condiciones normales de utilización. [7]

Buscando reducir este riesgo, el Código Técnico de la Edificación (CTE) [8], en su Documento Básico de Salubridad-Protección frente a la Humedad (DB-HS1) [9], establece una serie de exigencias constructivas, que las fachadas deben de cumplir en función de su exposición a la humedad (determinada por su localización geográfica), impermeabilidad y existencia o no de revestimiento.

Si analizamos la situación, el agua que precipita, lo hace en dirección vertical, movida por el efecto de la gravedad y si no fuera por la existencia del viento, ésta no incidiría sobre las fachadas (lluvia batiente) [10]. Hasta aquí, la propuesta del Código Técnico, podría resultar válida, puesto que nos asigna en función de la zona geográfica una pluviometría media anual y una velocidad básica del viento.

El error se encuentra, en que esta pluviometría media, no permite saber el volumen de agua atmosférica recibida en fachadas, ni la velocidad media del viento, la presión eólica simultánea a la precipitación. Por tanto, es evidente que, para la determinación de la exposición a humedad, tan importante va a ser cuantificar la cantidad de agua que incide sobre la fachada (WDR, Wind Driven Rain), como la presión eólica que se produce de manera simultánea a la lluvia (DRWP, Driving Rain Wind Pressure), que es la causante de la penetración [11].

En función de lo analizado en el párrafo anterior, podemos determinar que la aplicación del CTE, puede llevarnos a un valor exposición a la humedad distinto al existente haciendo que en ocasiones se tomen soluciones constructivas para las fachadas que no se ajustan a las exigencias climáticas. [7]

Aunque ya ha habido estudios de lluvia batiente y presión eólica simultánea en España, el número de estaciones analizadas, no permite una caracterización muy exhaustiva de la exposición en todo el territorio. [7] [12]

En este sentido, el presente trabajo se centra en el análisis de los índices WDR (lluvia batiente) y DRWP (presión eólica simultánea) de 117 estaciones climatológicas, repartidas por las comunidades de La Rioja (treinta y dos), País Vasco (cuarenta y siete), Islas Canarias (veintisiete) e Islas Baleares (once), dando así una caracterización mucho más exhaustiva, al analizar un número significativo de estaciones en regiones de poca extensión. [13] [14] [15]

Además, por lo general, los estudios anteriores no han considerado la orientación de la exposición, si considerada en este estudio, obteniendo así, una caracterización más precisa de la exposición realmente existente en cada fachada. [16]

Consiste en la toma de datos diarios de precipitación y velocidad y dirección del viento a fin de conseguir datos más específicos para cada una de las zonas, buscando mejorar la caracterización del grado de humedad obtenida en el CTE y ajustar las soluciones constructivas de los distintos elementos a las condiciones climáticas reales.[17] [18] [19] [20] [21] [22]



## 2. OBJETIVO

El presente trabajo tiene por objeto complementar y mejorar los datos propuestos en el CTE en lo relativo a la exposición de las fachadas ante la penetración de agua proveniente de la atmósfera centrandó el estudio en las comunidades de La Rioja, País Vasco, Islas Canarias e Islas Baleares; estudiando un número muy elevado de estaciones en estas cuatro comunidades.

Partiendo de datos diarios de cantidad de lluvia, velocidad y dirección del viento registrados en estaciones climatológicas de las mencionadas comunidades, unido al uso de índices normalizados de índole internacional, podemos determinar el riesgo ante la penetración de agua en fachadas, incluso pudiendo llegar a determinar cuál es la más expuesta. Dicha penetración, se produce por la combinación de lluvia y presión eólica.

El fin último de este estudio, es la obtención de los datos necesarios para la elaboración de un conjunto de mapas, en los que por medio de isolíneas, se unan zonas con los mismos niveles de exposición a penetración en fachada.

Por tanto al tratarse de un estudio de ámbito mucho más reducido y específico (de nivel nacional a comunitario), se prevé solventar las deficiencias presentes en el documento básico de salubridad del CTE, aspecto que llevaría a una adecuada caracterización del grado de impermeabilidad en fachadas, permitiendo optar así por las soluciones constructivas más adecuadas.

### 3. APLICACIÓN CTE

En la actualidad, la normativa que contempla la exposición a la penetración del agua en fachadas, es el CTE, en su Documento Básico de salubridad (DB-HS), el cual tiene por objeto, establecer las reglas y procedimientos que permitan cumplir las exigencias básicas de salubridad. Se encuentra dividido en 5 exigencias básicas, cuyo cumplimiento satisface el requisito básico de Higiene Salud y Protección del medio ambiente. [9]

Para nuestro caso de estudio, nos centraremos en su exigencia básica referente a la Protección frente a la Humedad (DB-HS1). Cabe destacar, que la importancia de limitar la presencia inadecuada de agua o humedad en el interior de los edificios no radica únicamente en un aspecto estético, ya que ésta, puede desencadenar daños en la durabilidad [1] [2], el aislamiento (incremento de coste energético) [3] [4] o incluso causar molestias a los usuarios haciendo un uso normal del edificio [5] [6].

El DB-HS1, contempla el diseño de distintos elementos constructivos que constituyen la envolvente del edificio, como son: muros, suelos, fachadas y cubiertas. Determinando unas características específicas para los mismos, en función de su grado de impermeabilidad así como para sus puntos singulares (aquellas partes más susceptibles de sufrir daños). Establece una serie de consideraciones sobre las exigencias que deben cumplir las distintas partes del elemento constructivo y recomendaciones de ejecución de los mismos [9].

En el caso de las fachadas, el CTE, asigna un grado de impermeabilidad mínimo, dependiente de su exposición a la humedad. Para determinarlo, se centra en dos parámetros: condiciones climáticas de la región donde se encuentra el edificio y las características constructivas del mismo.

Para conocer el grado de impermeabilidad, el proceso sería el siguiente:

Lo primero a determinar, es el valor de la velocidad del viento (velocidad que se espera que en intervalos de medida de 10 minutos, sea superado una vez cada 50 años). Categorizando nuestra fachada en Zona A, Zona B o Zona C.

Conocida ya la zona, añadiendo la altura de nuestro edificio y el tipo de terreno donde se ubica (E0 Zonas llanas y expuestas, E1 zonas urbanas, industriales y forestales), me dirijo a la tabla, y obtengo el grado de exposición al viento (V1, V2 y V3).

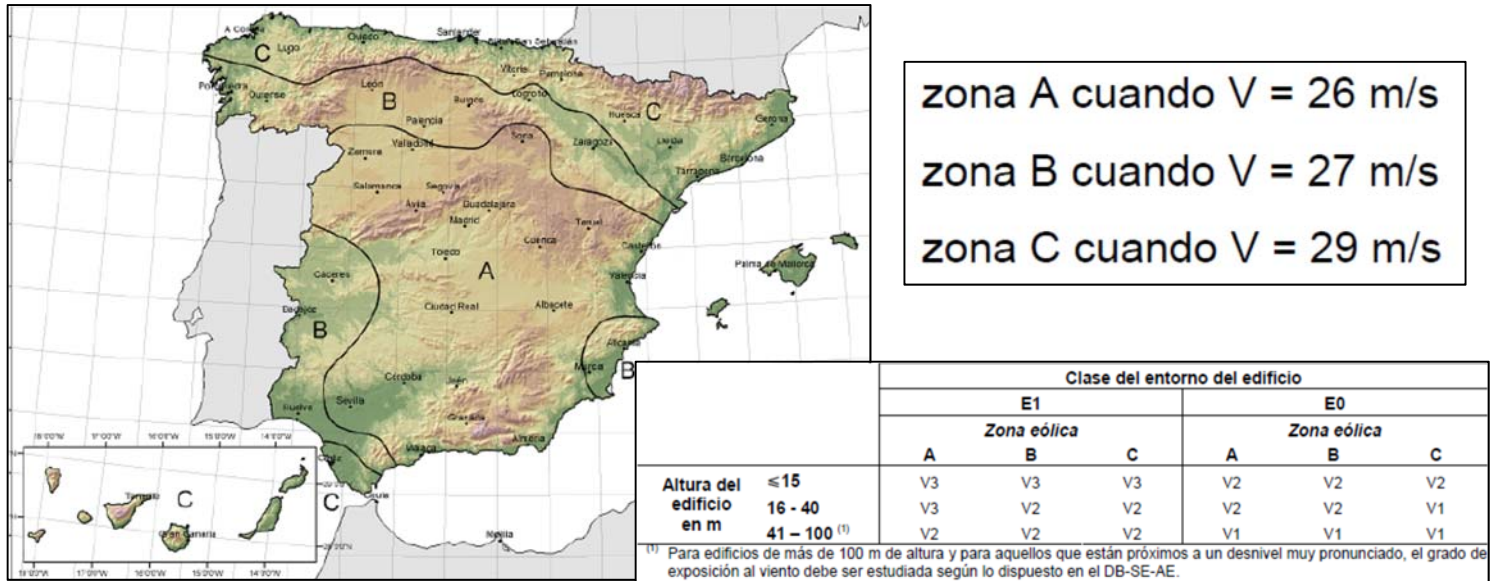


Fig1. Zonas eólicas definidas en base al valor básico de la velocidad del viento y asignación del grado de exposición al viento

El segundo dato a obtener, es la precipitación anual media en el emplazamiento (registrada sobre una superficie horizontal). Para ello, nos dirigimos al mapa de las zonas pluviométricas y en función de la ubicación de nuestra fachada, obtenemos el valor I, II, III, IV o V. Este dato, combinado con el grado de exposición al viento, permite obtener el grado de impermeabilidad mínimo, -1, 2, 3, 4,5- exigido en las fachadas.

Terreno tipo I: Borde del mar o de un lago con una zona despejada de agua en la dirección del viento de una extensión mínima de 5 km.  
 Terreno tipo II: Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia.  
 Terreno tipo III: Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados tales como árboles o construcciones pequeñas.  
 Terreno tipo IV: Zona urbana, industrial o forestal.  
 Terreno tipo V: Centros de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura.

Fig2. Selección del tipo de terreno, en función de sus características. CTE.

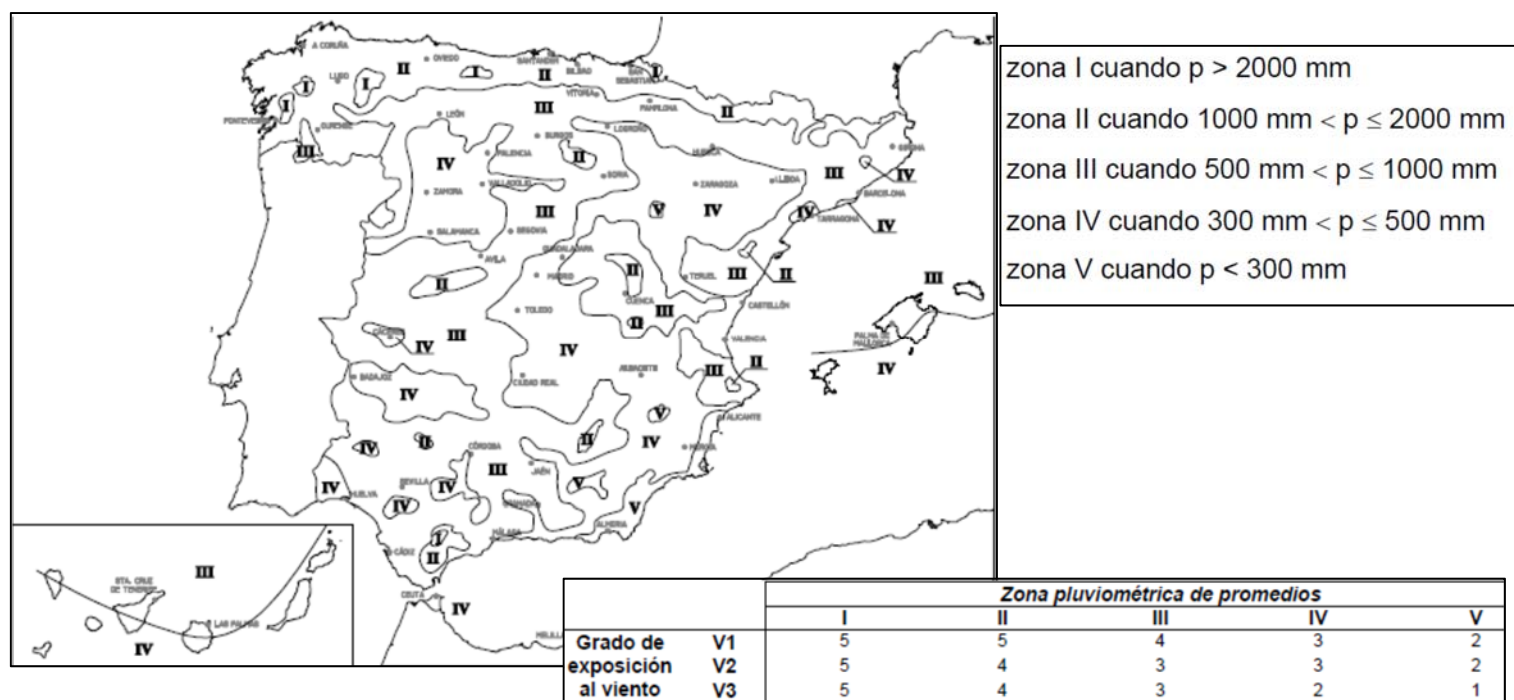


Fig3. Zonas pluviométricas y asignación del grado de impermeabilidad de la fachada.

Según este grado de impermeabilidad obtenido, se establecen las condiciones exigidas, asignando distintas soluciones constructivas que se consideran adecuadas para hacer frente a cada tipo de exposición.

R: Resistencia a la filtración del revestimiento exterior.

B: Resistencia a la filtración de la barrera contra la penetración de agua.

C: Composición de la hoja principal.

H: Higroscopicidad del material componente de la hoja principal.

J: Resistencia a la filtración de las juntas entre las piezas que componen la hoja principal.

N: Resistencia a la filtración del revestimiento intermedio en la cara interior de la hoja principal.

Los números presentes en la tabla, asignan el nivel de prestación del elemento constructivo de modo que a mayor número, mayor prestación. Las soluciones con mayor grado de exigencia, siempre van a poder sustituir a aquellas cuyo grado de exigencia es menor.

		Con revestimiento exterior	Sin revestimiento exterior
Grado de impermeabilidad	≤1	R1+C1 <sup>(1)</sup>	C1 <sup>(1)</sup> +J1+N1
	≤2		B1+C1+J1+N1   C2+H1+J1+N1   C2+J2+N2   C1 <sup>(1)</sup> +H1+J2+N2
	≤3	R1+B1+C1   R1+C2	B2+C1+J1+N1   B1+C2+H1+J1+N1   B1+C2+J2+N2   B1+C1+H1+J2+N2
	≤4	R1+B2+C1   R1+B1+C2   R2+C1 <sup>(1)</sup>	B2+C2+H1+J1+N1   B2+C2+J2+N2   B2+C1+H1+J2+N2
	≤5	R3+C1   B3+C1   R1+B2+C2   R2+B1+C1	B3+C1

Fig4. Condiciones de la Solución de fachada, en función a su grado de impermeabilidad.

### 3.1 DESMONTANDO EL CTE

La crítica hacia el método propuesto por el CTE, radica en que el grado de impermeabilidad obtenido considerando sólo la pluviometría media anual y la velocidad del viento no es el más apto, pudiendo estar aumentado, en determinadas circunstancias, el riesgo de humedades y penetración de agua en la fachada.

Los motivos que llevan a esta consideración, son los siguientes:

- 1) El valor de la pluviometría, solo tiene en cuenta la cantidad de agua que precipita por acción de la gravedad, sin contar con la acción del viento simultánea, que produce su desviación. Por tanto, hace referencia a la cantidad de agua sobre las superficies horizontales, dato que no va a ser representativo para determinar el humedecimiento de las fachadas.
- 2) El valor de la velocidad básica del viento, tampoco va a ser representativo para el cálculo de la lluvia batiente. Se aporta un valor de velocidad del viento, independientemente a si este es simultáneo o no con la precipitación.
- 3) Los dos parámetros hacen referencia a intervalos temporales no coincidentes. La pluviometría se refiere a la media anual, mientras que como velocidad de viento se considera la máxima registrada durante diez minutos consecutivos en un intervalo de 50 años.
- 4) Por último, pero no menos importante, en una zonificación propuesta de ámbito muy general, no hay un mapa que caracterice la combinación lluvia y viento en cada sitio. Existen diferencias abismales en los parámetros estudiados entre las diferentes comunidades autónomas e, incluso, entre zonas relativamente próximas entre sí dentro de una misma comunidad. [7]

Todo lo anteriormente comentado, nos lleva a que el grado de impermeabilidad de la fachada pueda ser calculado con mayor precisión, igualando los periodos de cálculo de ambos parámetros,

considerando la simultaneidad entre precipitación y viento (produce el efecto de la lluvia batiente) y reduciendo la amplitud de las zonas geográficas cálculo propuestas.

Un mejor cálculo del citado parámetro, conllevaría una adopción de mejores soluciones constructivas y por tanto, una disminución de humedades y penetración de agua atmosférica en fachadas.

#### 4. PARAMETROS DE EXPOSICIÓN

Para determinar de manera fiable la exposición a la humedad de una fachada, debemos cuantificar los fenómenos que la determinan:

- 1) La cantidad de agua que incide sobre la fachada ( lluvia batiente)
- 2) La presión eólica simultánea ( penetración del agua en el interior)
- 3) Combinación de los 2 parámetros anteriores

El agua cae movida por la acción de la gravedad, y es el efecto del viento simultáneo a la precipitación, el que varía su trayectoria, haciendo que impacte contra las fachadas.

Podríamos decir que la cantidad de agua que humedece las fachadas, depende de la intensidad del viento. Por tanto, si la velocidad del viento es muy elevada, podría llegar a ser mayor la cantidad de agua que impacta sobre la fachada que la que cae sobre el suelo. [11]

Además, este viento genera una presión eólica que empuja a la gota hacia el interior de la fachada.

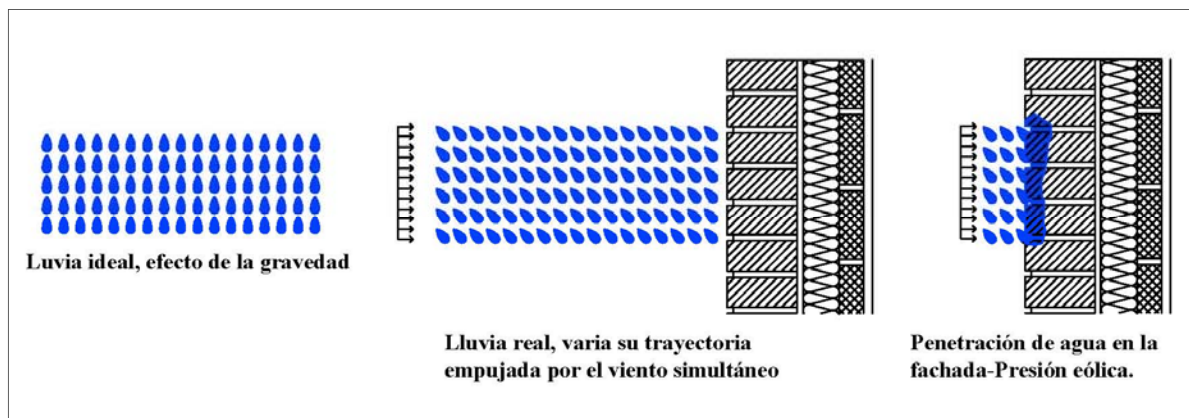


Fig5. Esquema explicativo del fundamento de la lluvia batiente y la presión eólica.

Para poder caracterizar y cuantificar estos fenómenos, debemos referirnos a un conjunto de parámetros de ámbito internacional.

#### 4.1. LLUVIA BATIENTE-DRI

El parámetro Dri (Driving Rain Index), mide la cantidad de lluvia que incide sobre una fachada, empujada por el viento sobre la superficie vertical, es decir, es capaz de estimar el valor de lluvia batiente recibido por una fachada en cualquier localización a partir de la toma de datos de precipitación y el viento simultáneo a esta. [10] [23]

Habitualmente, este es promediado para un periodo anual (aDRI). Dependiendo del intervalo con el que se produzca la toma de datos, podremos obtener una mayor o menor precisión en la caracterización final del índice de permeabilidad, pudiendo producirse: registros anuales promedio aaDRI (aportan resultados menos exactos), registros mensuales promedio (con un error de rango aceptable) y registros diarios promedio (son los más fiables de todos, puesto que la toma y estudios de datos, es mucho más frecuente).

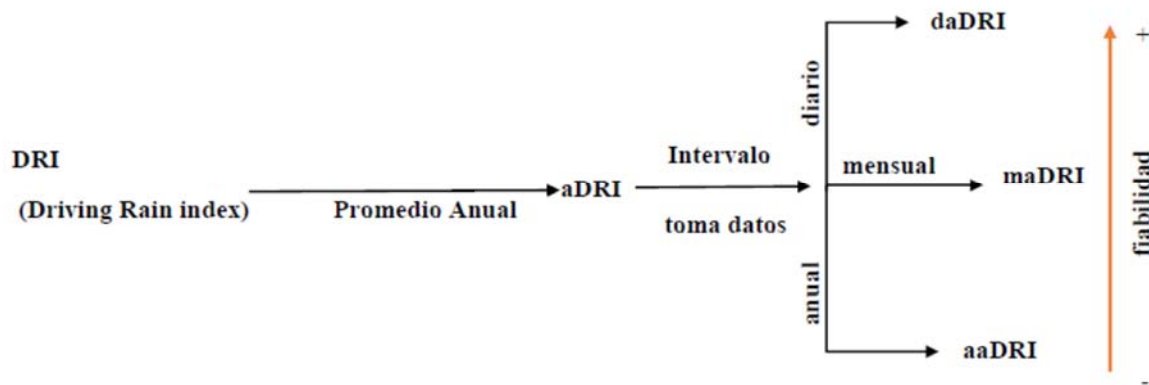


Fig6. Esquema del parámetro DRI, en función del intervalo de datos.

El parámetro obtenido para cada una de las cuatro comunidades autónomas estudiadas, ha sido promediado para un periodo diario. De esta manera, los datos obtenidos, son mucho más exactos y fiables.

Cabe mencionar, que este índice de lluvia batiente (DRI), proviene de una simplificación de una ecuación más compleja, WDR (Wind Driven Rain) que se explica a continuación:

$$WDR = k \times U \times R_h$$

Donde:

U(m/s): es la velocidad del viento.

R<sub>h</sub>(l/m<sup>2</sup>): es la precipitación registrada sobre la superficie horizontal.

k (s/m): es un coeficiente de ajuste.



Si omitimos ese coeficiente de ajuste obtenemos el índice de lluvia batiente [24]:

$$daDRI = \frac{\sum_{i=1}^n U_{10D} \frac{R_h}{1000}}{N}$$

Donde:

$daDRI(m^2/s)$ : parámetro lluvia batiente.

$U_{10D}(m/2)$ : velocidad del viento con una referencia de 10 metros sobre el suelo.

$R_h$  (mm): precipitación diaria registrada.

$N$ : número de años registrados.

A la par, también ha sido registrada la dirección dominante del viento en cada uno de los días. Se puede calcular así, que fachada se encuentra más expuesta. [13] [14]

$$daDRI_{orientación} = \frac{\sum_{i=1}^n U_{10D} \frac{R_h}{1000} \cos(D - \theta)}{N}$$

Donde:

$D$  ( $^\circ$ ): es la dirección media del viento.

$\theta$ : Orientación de la fachada.

## 4.2. PRESIÓN EÓLICA SIMULTÁNEA-DRWP

Este es el parámetro fundamental para determinar la penetración del agua en el interior de las fachadas. El DRWP (Driving Rain Wind Pressure), hace referencia a la presión eólica que se registra produce de manera simultánea al fenómeno de la precipitación, que produce la penetración en el interior del cerramiento. Es tal la importancia de este parámetro, que un elevado valor del mismo combinado con un volumen de precipitación menor, puede suponer incluso un mayor humedecimiento al que generaría un volumen de precipitación mayor con un valor menor de presión eólica simultánea. [25] [26]

Para la determinación de este parámetro, se han utilizado registros de viento diarios en cada una de las comunidades.

$$DRWP = \frac{\sum_{i=1}^{días\ con\ lluvia} c_p \frac{1}{2} \rho_{aire} U_{10D}^2}{m}$$

Donde:

$C_p$ : coeficiente de presión, que se asume como 1.

$\rho_{aire}$ : densidad del aire, cuyo valor es igual a 1,2 m<sup>3</sup>/s.

$U_{10D}$ : velocidad del viento en m/s, con una referencia de 10m sobre el suelo.

$m$ : número de días en los que se produce el efecto simultáneo de lluvia y viento.

DRWP: es el parámetro de la presión eólica, medido en N/m<sup>2</sup>.

### 4.3. LA COMBINACIÓN DE AMBOS PARÁMETROS

Con la combinación de los dos parámetros mencionados anteriormente, se produce el riesgo de la penetración de agua en el interior de la fachada. Este riesgo es medido por el RIWP (Risk Index Water Penetration).

Una buena obtención de este parámetro, exige una previa normalización de todos los valores obtenidos para las estaciones climatológicas en cada una de las comunidades, es decir comparamos los valores de las distintas comunidades entres sí:

$$daDRI_{norm} = \frac{daDRI_{estación} - daDRI_{min}}{daDRI_{max} - daDRI_{min}}$$

$$DRWP_{norm} = \frac{DRWP_{estación} - DRWP_{min}}{DRWP_{max} - DRWP_{min}}$$

De esta manera, obtenemos para cada una de las estaciones un valor de ambos parámetros normalizado cuyo valor va a poder oscilar entre 0 y 1. Como el riesgo, se determina en función de la combinación de los dos parámetros normalizados, su ecuación es:

$$RIWP_{estación} = \sqrt{(daDRI_{norm\ estación})^2 + (DRWP_{norm\ estación})^2}$$

En el presente estudio se asume ambos parámetros influyen de igual manera en el riesgo a la penetración, aspecto que podría ser modificado con la aplicación de coeficientes multiplicadores de los dos parámetros. Obsérvese que a mayor valor de los parámetros, mayor va a ser el riesgo de penetración. [27]

Al producirse la comparación entre las estaciones de una misma comunidad, este parámetro, nos arroja información sobre en qué zonas el riesgo de penetración es mayor. Los valores pueden oscilar entre 0 y  $\sqrt{2}$ :

Riesgo	Rango
Bajo	$RIWP \leq 0.4$
Moderado	$0.4 < RIWP \leq 0.7$
Alto	$0.7 < RIWP \leq 1$
Severo	$RIWP \geq 1$

Fig7.Rango de riesgo en función del valor del parámetro RIWP.

## 5. COMUNIDADES ESTUDIADAS Y PROCEDIMIENTO SEGUIDO

Este estudio detallado de la exposición a la penetración de agua en fachadas, se ha llevado a cabo en 4 comunidades autónomas españolas, que son: País Vasco, La Rioja, Islas Canarias e Islas Baleares. El porqué de la selección de las mismas, está basado, en el caso de las 2 primeras, en la continuación de un estudio comenzado anteriormente, cuyo objetivo es elaborar los mapas de exposición de la zona Norte de España. Y en los archipiélagos, debido a que por su condición de islas y en el caso de las Canarias, también a su localización, presentan unas condiciones climáticas diferentes a las existentes en la península, aunque en el CTE, estas diferencias no se hagan patentes.

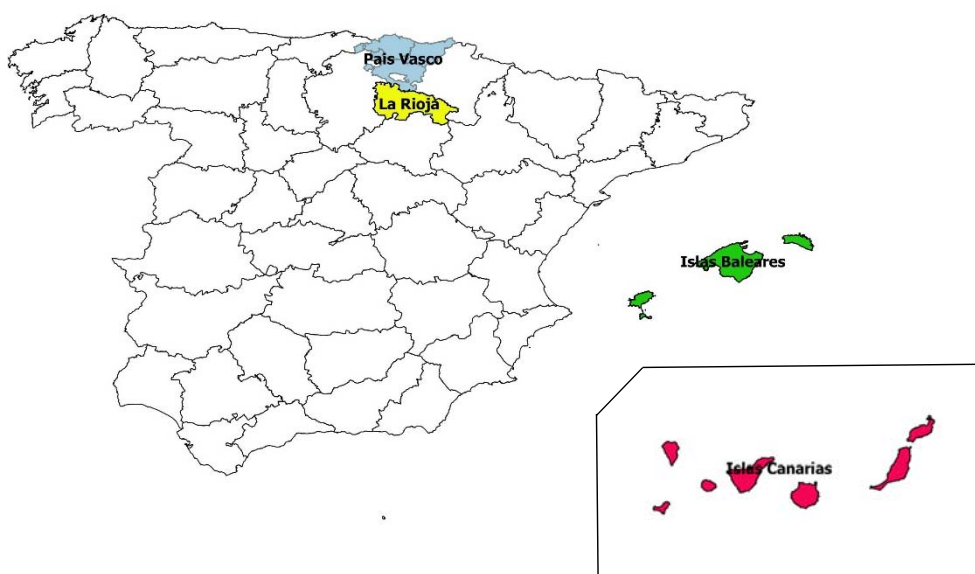


Fig8.Emplazamiento de las comunidades estudiadas.

Una vez seleccionadas las comunidades a estudio, el trabajo ha consistido en la búsqueda exhaustiva de los datos necesarios para la caracterización de la humedad en fachadas [13] [14] [15] (Precipitación y Velocidad y Dirección del viento simultáneo), en distintas estaciones climatológicas de cada uno de los territorios. [17] [18] [19] [20] [21] [22]

Entre las 4 comunidades, han sido analizadas un total de 117 estaciones, repartidas de la manera más homogénea posible.

Buscando obtener unos resultados finales con la mayor fiabilidad y precisión, se han utilizado estaciones cuyo periodo de funcionamiento ha oscilado entre 5 y 10 años, desechando aquellas con menor tiempo de funcionamientos o ausencia de datos durante largos periodos, para evitar viciar el resultado final.

Cabe indicar, que la presencia de un menor número de estaciones en alguna de las comunidades, no ha sido debido a una falta de trabajo por falta del ejecutor, sino al cumplimiento de las restricciones presentadas en el párrafo anterior, unido a que en muchas estaciones el acceso a los datos es posible previo pago de su importe.

## 5.1. PAIS VASCO

El País Vasco, se encuentra situado en el extremo nororiental de la franja cantábrica española. Limitando al Norte con el Mar Cantábrico y Francia, al Sur con La Rioja, al Este con Cantabria y Burgos y al Oeste con Navarra.

Presenta una extensión de 7251km<sup>2</sup>, dividida en 3 provincias: Álava (3037 km<sup>2</sup>), Guipúzcoa (1997 km<sup>2</sup>) y Vizcaya (2217km<sup>2</sup>). [28]

No forma una región climática homogénea, pudiéndose distinguir a grandes rasgos tres zonas:



- 1) Clima atlántico en su vertiente atlántica Norte.
- 2) Clima Subatlántico y Submediterráneo en su zona media.
- 3) En la zona Sur de la depresión del Ebro, el denominado clima mediterráneo de interior o continental mediterráneo. [29]

Fig9. Zonas climáticas País Vasco

En la comunidad del País Vasco se han estudiado un total de 47 estaciones, lo que supone una estación por cada 154.3 Km<sup>2</sup>. Además, tal y como se aprecia en el mapa adjunto, éstas se encuentran distribuidas de forma bastante homogénea por la comunidad, dando lugar a una caracterización muy exhaustiva de la exposición.



Fig10. Mapa Estaciones Climatológicas País Vasco.

Provincia	Extensión (Km <sup>2</sup> )	Nº de Estaciones	Km <sup>2</sup> por estación
Álava	3037	17	178.65
Guipúzcoa	1997	12	117.47
Vizcaya	2217	18	130.41

Fig11. Densidad Estaciones Climatológicas en País Vasco.

## 5.2. LA RIOJA

La Rioja, se encuentra situada en el Norte de la Península Ibérica, abarcando parte del valle del Ebro, en su zona septentrional y del Sistema Ibérico en el Sur.

Limita con el País Vasco al Norte, Navarra al Noreste, Aragón al Sureste y Castilla y León al Oeste y al Sur.

Cuenta con una extensión total de 5045 km<sup>2</sup>. A pesar de tratarse de una comunidad uniprovincial, presenta 3 zonas diferenciadas: La Rioja Alta, La Rioja Media y La Rioja Baja. [30]

Respecto a su clima, presenta 3 zonas diferenciadas:



- 1) Clima continental acusado al Este.
- 2) Clima continental suavizado al Oeste.
- 3) Clima montañoso al Suroeste. [31]

Fig12. Zonas climáticas La Rioja.

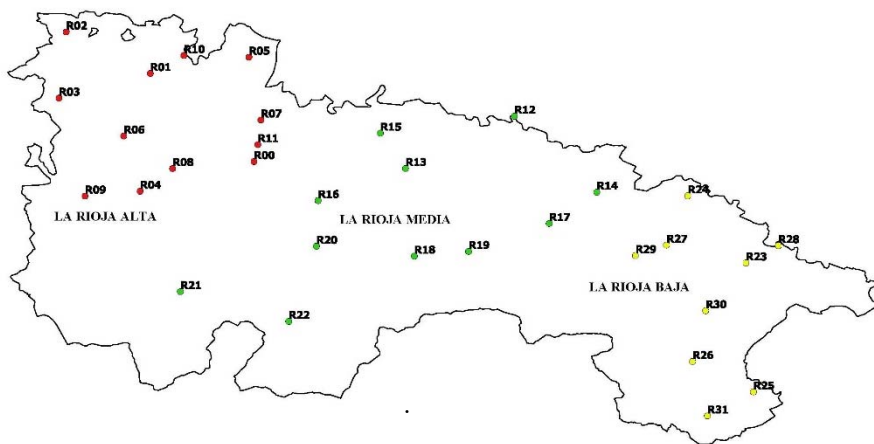


Fig13. Mapa Estaciones Climatológicas La Rioja.

La comunidad de La Rioja, presenta un total de 32 estaciones, lo que supone una estación cada 157.6 Km<sup>2</sup>. éstas se encuentra distribuidas de forma bastante equitativa por las tres zonas que componen La Rioja: 12 estaciones en La Rioja Alta, 11 estaciones en La Rioja Media y 9 estaciones en La Rioja Baja. A pesar de la alta densidad de estaciones, hubiera sido recomendable la presencia de alguna más en la zona Suroeste.

Comunidad	Extensión (Km <sup>2</sup> )	Nº de Estaciones	Km <sup>2</sup> por estación
La Rioja	5045	32	157.66

Comunidad	Extensión (Km <sup>2</sup> )	Nº de Estaciones	Km <sup>2</sup> por estación
La Rioja	5045	32	157.66

Fig14. Densidad Estaciones Climatológicas en La Rioja.

### 5.3. ISLAS CANARIAS

Las Islas Canarias, son un archipiélago que se encuentra situado en el océano Atlántico. Cerca de las costas del Sur de Marruecos y del Sáhara.

Presentan una extensión total de 7446.95 Km<sup>2</sup>, divididos entre 7 islas de la siguiente manera: El Hierro (268.71 Km<sup>2</sup>), La Gomera (369.76 Km<sup>2</sup>), La Palma (708.32 Km<sup>2</sup>), Tenerife (2034.38 Km<sup>2</sup>), Fuerteventura (1659.74 Km<sup>2</sup>), Gran Canaria (1560.1 Km<sup>2</sup>) y Lanzarote (845.94 Km<sup>2</sup>). [32]

El clima subtropical es el propio de las Islas Canarias, debido a su cercanía al Trópico de Cáncer.

Siendo Subtropical seco en la Palma y la Gomera, debido a su cercanía al desierto del Sáhara y húmedo en el resto de las Islas.

Además, el factor de la altitud, es determinante para explicar los microclimas de las islas más montañosas. [33]

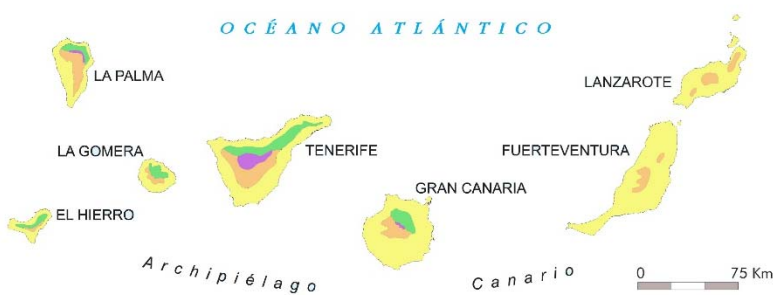


Fig15. Zonas climáticas Islas Canarias.

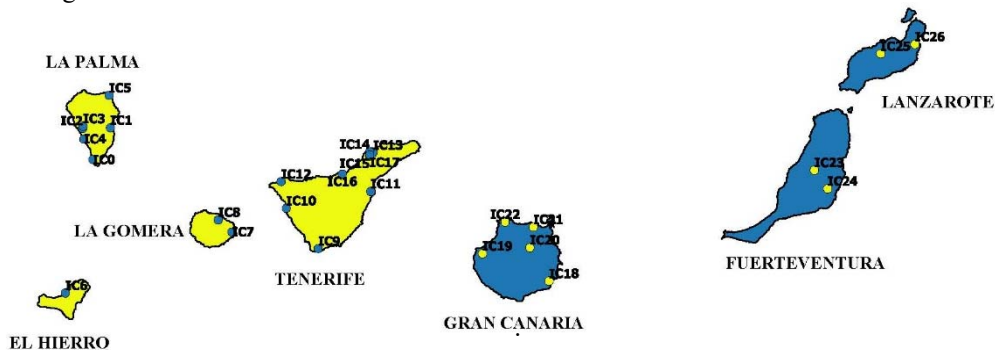


Fig16. Mapa Estaciones Climatológicas La Rioja.

El archipiélago de las Islas Canarias cuenta con un total de 27 estaciones (una por cada 275.8km<sup>2</sup>), repartidas por sus 7 islas. Aunque en este caso de forma poco homogénea, siendo sustancialmente superior el número de estaciones en las islas más grandes; además ausencia de datos en las zonas

interiores de las islas, por tratarse de zonas montañosas con poca población.

Isla	Extensión (Km <sup>2</sup> )	Nº de Estaciones	Km <sup>2</sup> por estación
La Palma	708.32	6	118.05
El Hierro	268.71	1	268.71
La Gomera	369.76	2	184.88
Tenerife	2034.38	9	226.04
Gran Canaria	1560.1	7	222.87
Fuerteventura	1659.74	2	829.87
Lanzarote	845.94	2	422.97

Fig17. Densidad Estaciones Climatológicas en Islas Canarias.

## 5.4. ISLAS BALEARES

Las Islas Baleares, son un archipiélago que se encuentra situado en el Mar Mediterráneo, frente a la costa oriental de la Península Ibérica.

Presentan una extensión total de 4992 Km<sup>2</sup>, divididos entre 4 islas principales y varios islotes de la siguiente manera: Mallorca (3640.11 Km<sup>2</sup>), Menorca (701.80 Km<sup>2</sup>), Cabrera (15.69 Km<sup>2</sup>), Ibiza (572.56 Km<sup>2</sup>) y Formentera (83.24 Km<sup>2</sup>). [34]



Predomina el clima mediterráneo marítimo, viéndose influenciado en algunas zonas por el clima de montaña, como consecuencia de la altitud en alguna de las Islas.

Clima más suave en las Islas de Ibiza y Formentera, como consecuencia de vientos más suaves y un menor índice de precipitaciones. [35]

Fig18. Zonas climáticas Islas Baleares.

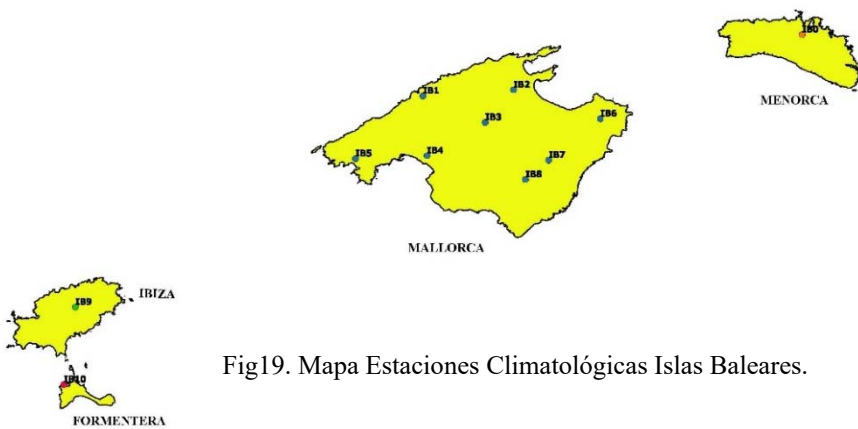


Fig19. Mapa Estaciones Climatológicas Islas Baleares.

A pesar de ser la comunidad más pequeña de las 4 estudiadas, es la que menor densidad de estaciones presenta, (un total de 11 estaciones, lo que supone 1 estación por cada 454.34 km<sup>2</sup>), aun así, permite una caracterización mucho más exhaustiva de la exposición que la otorgada por el CTE.

Isla	Extensión (Km <sup>2</sup> )	Nº de Estaciones	Km <sup>2</sup> por estación
<b>Menorca</b>	701.8	1	701.80
<b>Mallorca</b>	3640.11	8	455.01
<b>Ibiza</b>	572.56	1	572.56
<b>Formentera</b>	83.24	1	83.24

Fig20. Densidad Estaciones Climatológicas Islas Baleares.



## 6. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

En el presente apartado, se van a analizar los resultados a exposición en fachadas, obtenidos para cada una de las comunidades.

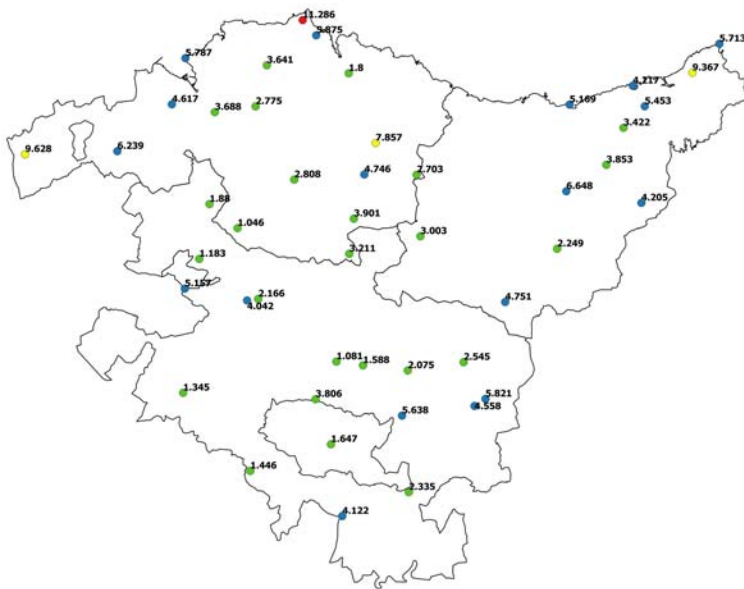
Partiendo de los registros diarios en cada una de las estaciones climatológicas, y con ayuda de la herramienta Excel, se han obtenido los parámetros o índices correspondientes a la lluvia batiente y en que fachada ésta es mayoritaria, a la presión eólica simultánea y al riesgo generado por la combinación de ambos para cada una de las comunidades.

En los anexos 1 y 2 del presente proyecto, se muestra la comparativa entre los datos que se habrían obtenido con la aplicación del CTE y los obtenidos aplicando los parámetros de exposición en fachadas, y la información obtenida de forma detallada para cada una de las estaciones respectivamente.

### 6.1. PARÁMETROS daDRI y DRWP

A continuación, se presentan los valores obtenidos para ambos parámetros en cada uno de los emplazamientos estudiados. Buscando una mayor rapidez en la interpretación de los resultados, estos se han escalado en intervalos en función de los resultados máximos y mínimos obtenidos para cada una de las comunidades.

#### 6.1.1. PAÍS VASCO



#### daDRI

Intervalo daDRI(m <sup>2</sup> /s)	Nº Estaciones	%
daDRI<4	25	53%
4≤daDRI<7	18	38%
7≤daDRI<10	3	6%
daDRI≥10	1	2%

Fig22. Intervalo daDRI, en País Vasco.

Fig21. Valores del parámetro daDRI (m<sup>2</sup>/s), en País Vasco.

Al analizar los resultados referentes al parámetro daDRI, se hace patente la diferencia de climas existente en la comunidad Vasca. Los mayores valores se encuentran en su zona Norte (clima atlántico), medios en su zona central (clima subatlántico) y los mínimos en su zona Sur (clima mediterráneo de interior).

Cabe destacar en caso de la estación de Martxitxako, cuyo elevado valor en comparación con el resto de estaciones, es debido a que ésta se encuentra situada en el cabo del mismo nombre, expuesta a la influencia del mar.

En ocasiones, aparecen puntos con valores un poco discordes a los colindantes (OIZ y Cerroja), aspecto que es debido a la irregularidad del terreno en la comunidad, con cambios muy bruscos de cota en distancias cortas.

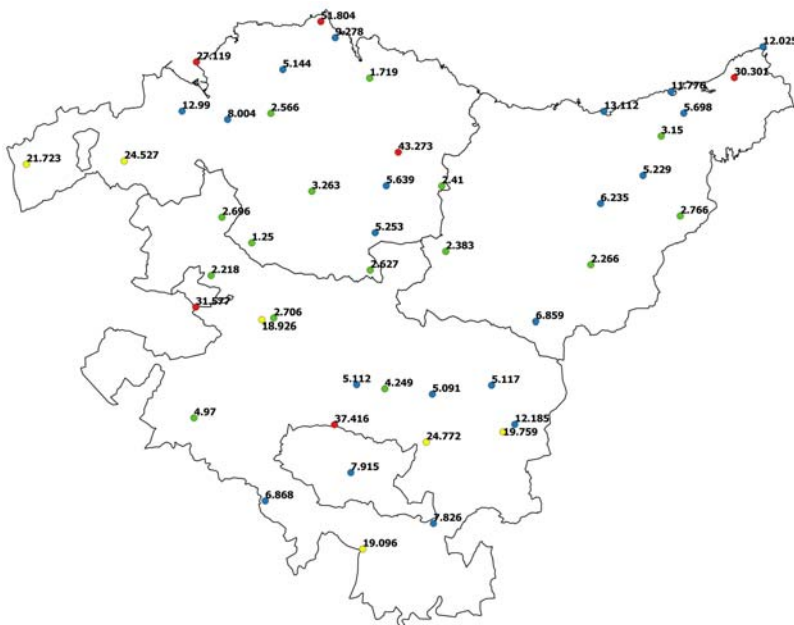


Fig23. Valores del parámetro DRWP (Pa), en País Vasco.

## DRWP

Intervalo DRWP(Pa)	Nº Estaciones	%
DRWP<5	15	32%
5≤DRWP<15	20	43%
15≤DRWP<30	7	15%
DRWP≥30	5	11%

Fig24. Intervalo DRWP, en País Vasco.

En cuanto a los datos obtenidos en el DRWP, el valor máximo sigue localizándose en Martxitxako, como consecuencia de la Galerna propia del Cántabrico, ya que este emplazamiento se encuentra en un saliente sin ningún tipo de protección.

Cómo era de esperar, las estaciones que están dispuestas a mayor altitud, presentan valores más elevados.

Se observa un incremento del valor, en aquellos emplazamientos que están al Sur, conforme nos aproximamos a la depresión del Ebro.

### 6.1.2. LA RIOJA

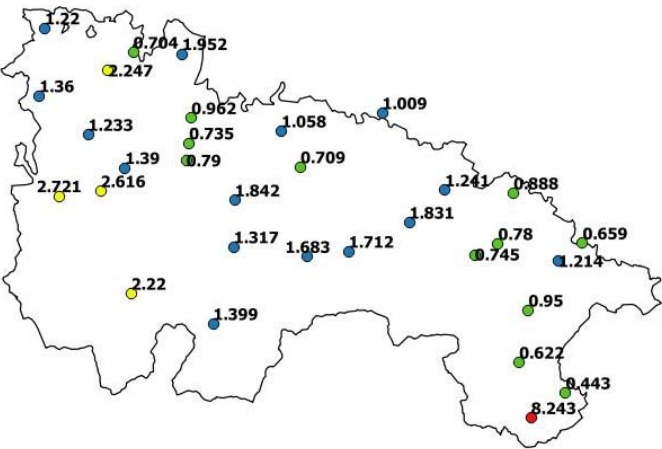


Fig25. Valores del parámetro daDRI(m<sup>2</sup>/s), en La Rioja

Existen grandes diferencias con los datos obtenidos para la comunidad Vasca. Valores bastantes regulares en toda la comunidad, siendo estos un poco superiores en la zona del Oeste (Clima continental suavizado).

Destaca el dato obtenido para Aguilar de Río Alhama, dispuesto al Sureste, el cual se debe a que esta población se encuentra dispuesta en un valle rodeado de altas montañas.

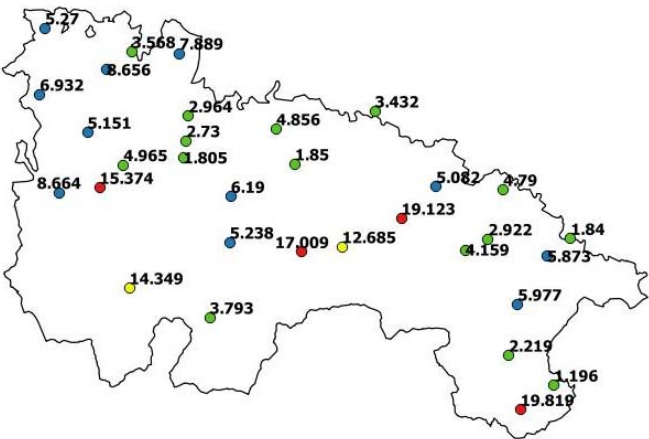


Fig27. Valores del parámetro DRWP (Pa), en La Rioja.

### daDRI

Intervalo daDR(m <sup>2</sup> /s)	Nº Estaciones	%
daDRI<1	12	38%
1≤daDRI<2	15	47%
2≤daDRI<3	4	13%
daDRI≥3	1	3%

Fig26. Intervalo daDRI, en La Rioja.

### DRWP

Intervalo DRWP(Pa)	Nº Estaciones	%
DRWP<5	15	47%
5≤DRWP<10	11	34%
10≤DRWP<15	2	6%
DRWP≥15	4	13%

Fig28. Intervalo DRWP, en La Rioja.

Se observa un aumento de los valores del parámetro, en aquellas localidades situadas cercanas al cauce del río Ebro y aquellas dispuestas entre sistemas montañosos; especialmente, en las dispuestas a una mayor altitud.

Destaca, al igual que ocurría en el caso del parámetro daDRI, el valor presentado por Aguilar de Río Alhama, aspecto que se explica debido a su proximidad al sistema Ibérico y al monte del Moncayo, famoso por sus valores altos de viento.

### 6.1.3. ISLAS CANARIAS

#### daDRI

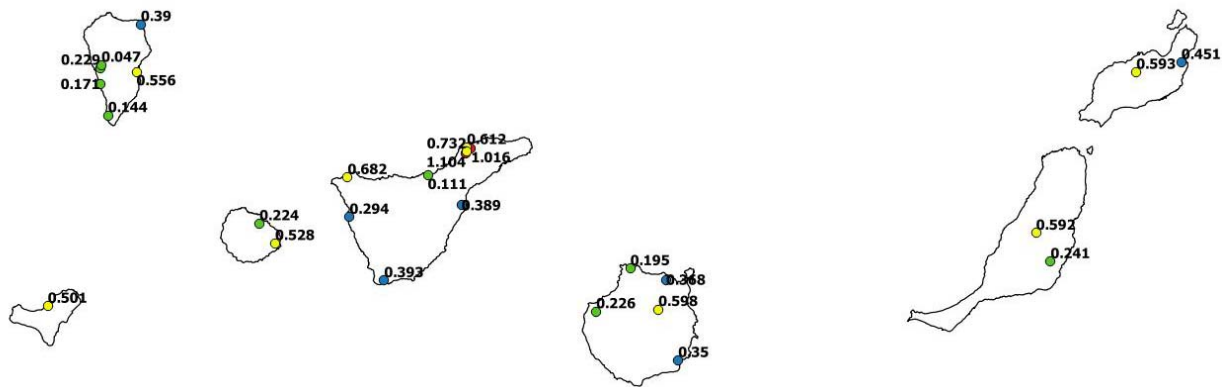


Fig29. Valores del parámetro daDRI(m<sup>2</sup>/s), en las Islas Canarias.

Intervalo daDRI(m <sup>2</sup> /s)	Nº Estaciones	%
daDRI<0.25	9	33%
0.25≤daDRI<0.5	7	26%
0.5≤daDRI<0.75	9	33%
daDRI≥0.75	2	7%

Fig30. Intervalo daDRI, en las Islas Canarias.

Se observan valores bajos para este parámetro, tal y como cabía esperar.

Debido al clima Subtropical de las Canarias, las lluvias que se producen a lo largo del año, se localizan en las zonas montañosas. Por ello los valores máximos se registran en las islas de Lanzarote y Fuerteventura, que presentan estaciones en su relieve.

Se observa también, que los valores registrados en la zona litoral son sustancialmente mayores a los registrados en las zonas de interior.

## DRWP

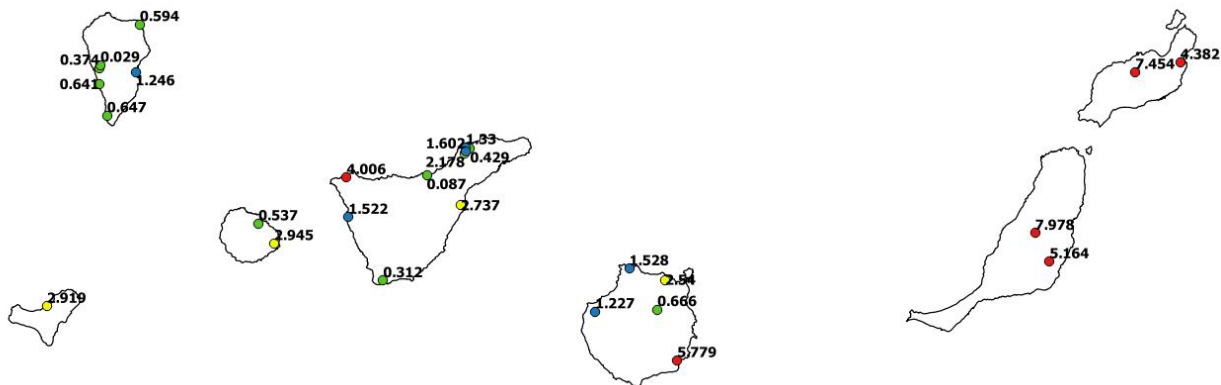


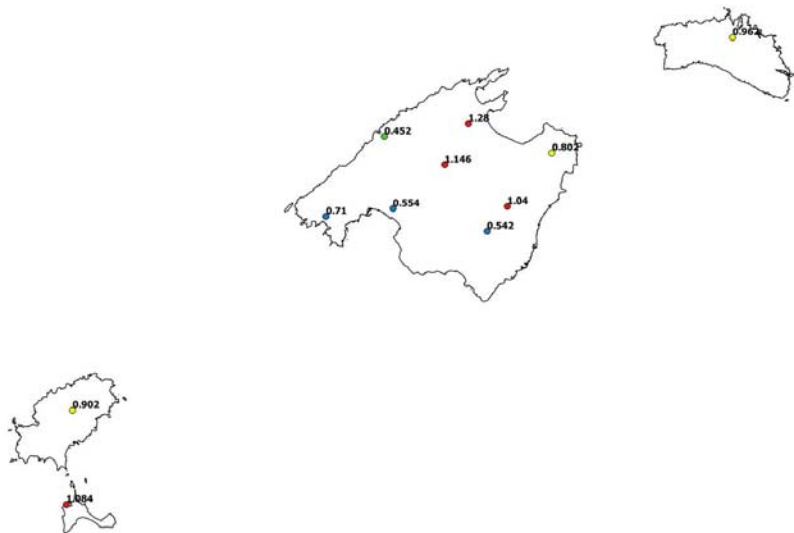
Fig31. Valores del parámetro DRWP (Pa), en las Islas Canarias.

Intervalo DRWP(Pa)	Nº Estaciones	%
DRWP<1	10	37%
1≤DRWP<2	6	22%
2≤DRWP<3	5	19%
DRWP≥3	6	22%

Fig32. Intervalo DRWP, en las Islas Canarias.

Poco más que añadir acerca de éste parámetro aparte de lo añadido para el parámetro anterior.

### 6.1.4. ISLAS BALEARES



## daDRI

Intervalo daDR(m <sup>2</sup> /s)	Nº Estaciones	%
daDRI<0.5	1	9%
0.5≤daDRI<0.75	3	27%
0.75≤daDRI<1	3	27%
daDRI≥1	4	36%

Fig34. Intervalo daDRI, en las Islas Baleares.

Fig33. Valores del parámetro daDRI(m<sup>2</sup>/s), en las Islas Baleares.

Valores inferiores a los registrados en las comunidades peninsulares, haciéndose patentes aquellas zonas influenciadas por el clima de montaña. Existe cierta falta de datos, como consecuencia del escaso acceso a datos.

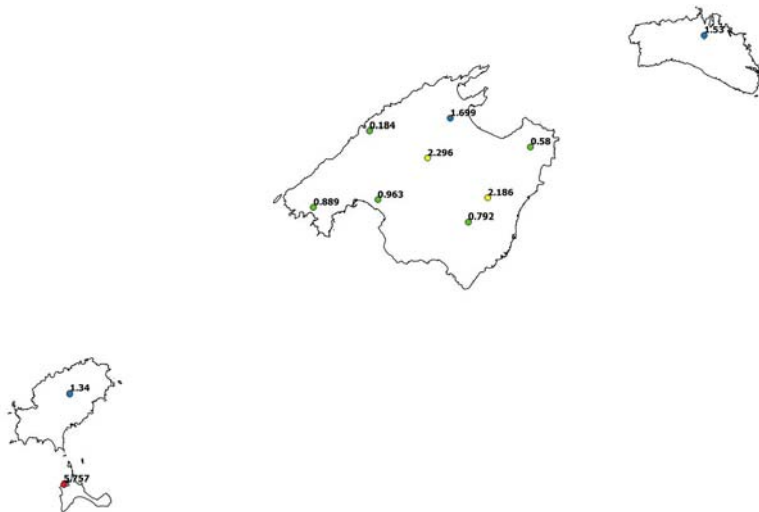


Fig35. Valores del parámetro DRWP (Pa), en las Islas Baleares.

DRWP		
Intervalo DRWP(Pa)	Nº Estaciones	%
DRWP<1	5	45%
1≤DRWP<2	3	27%
2≤DRWP<3	2	18%
DRWP≥3	1	9%

Fig36. Intervalo DRWP, en las Islas Baleares.

El valor máximo de este parámetro, se sitúa en la isla de Formentera, la cual se caracteriza por ser la más abrupta y sus altos niveles de viento. El resto de los registros elevados respecto a la media, se deben a la ubicación de las estaciones a elevada altitud.

### 6.1.5. IMPRESIONES GENERALES

Analizados los obtenidos para cada una de las comunidades, apreciamos, que los resultados son sustancialmente diferentes. No solo entre las comunidades peninsulares y los archipiélagos, sino dentro de la misma comunidad e incluso de la misma provincia, como ocurre en la provincia de Vizcaya, que presenta altas diferencias entre el Norte y el Sur.

Por tanto, llegados a este punto, en el que el estudio está bastante avanzado, seguimos afirmando que una mayor especificación por zonas y una aplicación de los parámetros continuamente nombrados a lo largo del presente trabajo, por parte del CTE, nos llevaría a la obtención de un grado de impermeabilización más fiable, al contemplar el grado de exposición de la fachada más acorde al realmente existente.

6.2. PARÁMETRO RIWP

Con la utilización de éste parámetro, se ha analizado el riesgo a la penetración de agua en la fachada, para cada uno de los emplazamientos.

Apoyándose en los resultados, anteriormente analizados, obtenidos para la lluvia batiente (daDRI) y para la presión eólica simultánea (DRWP), y aplicando la ecuación correspondiente al RIWP, se pretende obtener un valor entre 0 y  $\sqrt{2}$ , con el que se busca dar una idea del riesgo de penetración de agua en la fachada.

6.2.1 PAÍS VASCO

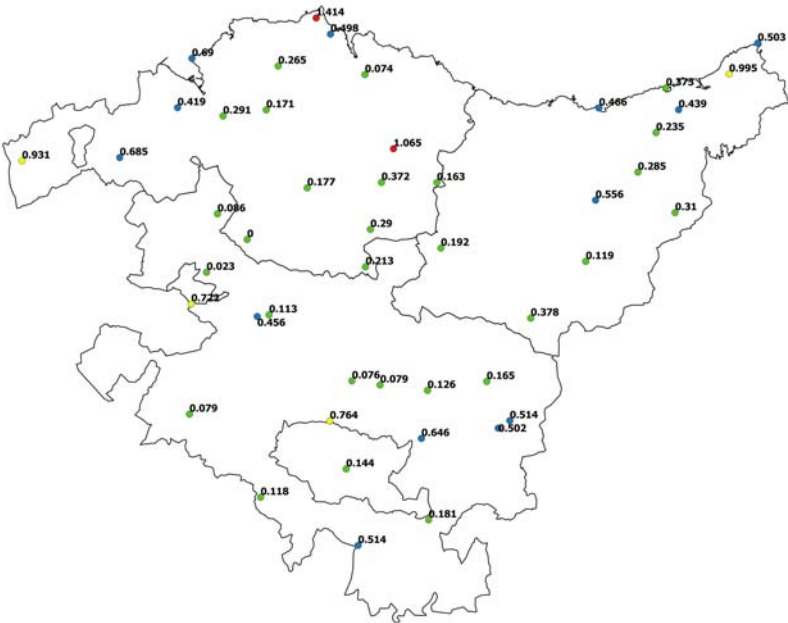


Fig37.Valores del parámetro RIWP, en País Vasco.

Intervalo RIWP	Nº Estaciones	%
RIWP≤0.4	28	60%
0.4<RIWP≤0.7	13	28%
0.7≤RIWP≤1	4	9%
RIWP>1	2	4%

Fig38. Intervalo RIWP, en País Vasco.

6.2 LA RIOJA

Intervalo RIWP	Nº Estaciones	%
RIWP≤0.4	23	72%
0.4<RIWP≤0.7	4	13%
0.7≤RIWP≤1	4	13%
RIWP>1	1	3%

Fig40. Intervalo DRWP, en La Rioja.

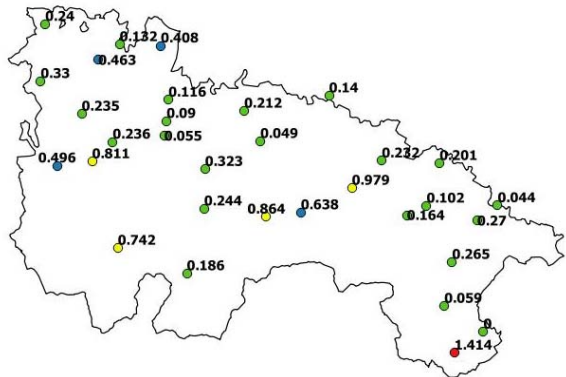


Fig39.Valores del parámetro RIWP, en La Rioja.

6.3. ISLAS CANARIAS

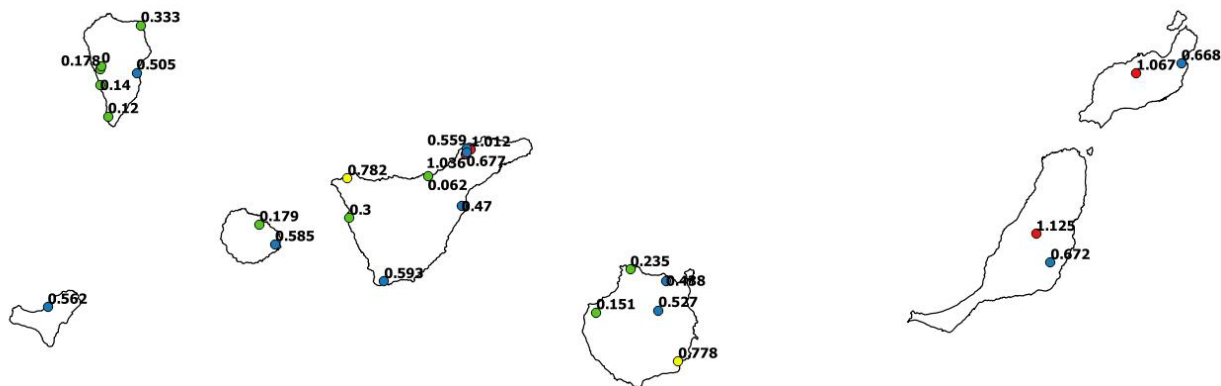
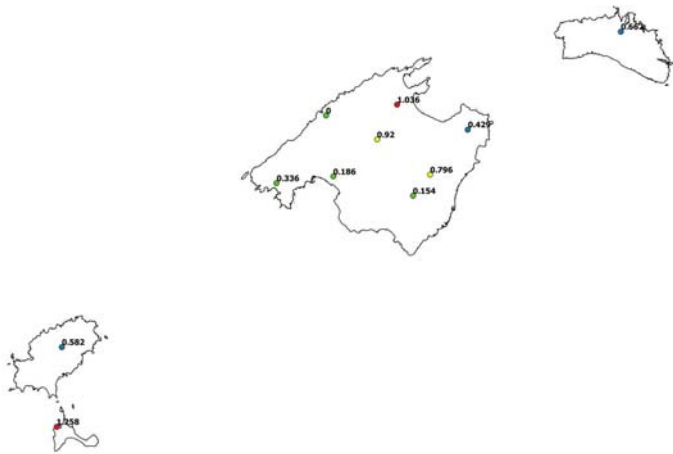


Fig41.Valores del parámetro RIWP, en las Islas Canarias.

Intervalo RIWP	Nº Estaciones	%
RIWP≤0.4	10	37%
0.4<RIWP≤0.7	11	41%
0.7≤RIWP≤1	2	7%
RIWP>1	4	15%

Fig42. Intervalo RIWP, en las Islas Canarias.

6.4. ISLAS BALEARES



Intervalo RIWP	Nº Estaciones	%
RIWP≤0.4	4	36%
0.4<RIWP≤0.7	3	27%
0.7≤RIWP≤1	2	18%
RIWP>1	2	18%

Fig44. Intervalo RIWP, en las Islas Baleares.

Fig43.Valores del parámetro RIWP, en las Islas Baleares.



No se ha asignado ningún coeficiente a ninguno de los parámetros de exposición utilizados, de modo y manera, que ambos ponderan por igual.

Aquellas comunidades con un riesgo a la penetración comparativamente severo, tendrían que establecer medidas correctivas especiales para evitar la penetración de agua al interior de las fachadas de los edificios.

Buscando apoyar éste análisis, se ha llevado a cabo una gráficas para cada comunidad, en las cuales se representa el  $DRWP_{norm}$ , frente al  $daDRI_{norm}$ .

En estas se observa, que un mayor valor del  $daDRI$ , o lo que es lo mismo, del fenómeno de la lluvia batiente, se produce por un la existencia de un viento simultáneo de mayor valor, y por tanto también supone un aumento de la presión eólica simultánea, que es la que empuja a el agua atmosférica a penetrar en la fachada.

Estas gráficas se recogen en el anexo 3 del presente documento.

### 6.3. COMPARATIVA CON LOS MAPAS DEL CTE

Como se observa en el anexo 1 del presente trabajo, los datos obtenidos para diversos emplazamientos, presentan valores muy superiores de pluviometría media anual y a su vez muy inferiores de velocidad del viento a los propuestos por el CTE. Ello revela que en la actualidad, el CTE DB-HS1 requiere un grado de impermeabilidad para los diseños de fachadas, que no se corresponde necesariamente con el riesgo real de penetración de agua en las mismas. Consecuentemente, también se asignan condiciones constructivas insuficientes o excesivas en los emplazamientos para el cumplimiento de la exigencia básica de protección frente a la humedad.

Todo ello indica que la actual determinación del grado de impermeabilidad requerido en las fachadas, basado en la pluviometría anual y la velocidad básica del viento, puede ser mejorada para obtener una caracterización del riesgo de penetración de agua más adecuada y prestacional.

Con este propósito, se presentan nuevos mapas zonificados, para cada una de las estaciones estudiadas, representativos de las exposiciones WDR y DRWP, que pueden sustituir directamente a los utilizados actualmente para determinar el grado de impermeabilidad necesario.

El uso de parámetros climáticos realmente representativos para el riesgo de penetración de agua, posibilita una determinación más adecuada del grado de impermeabilidad necesario y con ello, del diseño constructivo de fachada necesario. El uso de estos nuevos parámetros ha de contribuir a optimizar la solución constructiva impuesta, ajustándola a los requerimientos reales en el emplazamiento. Cuantificar la lluvia batiente y presión eólica sobre las fachadas abre igualmente la puerta al desarrollo de nuevos procedimientos prestacionales para la justificación del cumplimiento de la exigencia básica, contribuyendo así a mejorar la norma española.

#### 6.4. PRESIÓN EÓLICA FRENTE A DRWP

En una localización donde no existan registros simultáneos de lluvia y velocidad del viento no es posible determinar el valor del DRWP asignado. En esos casos, en lugar de utilizar los mapas obtenidos, existe otra alternativa de cálculo que permite una aproximación al verdadero valor de exposición. Para ello, únicamente es necesario contar el valor de la velocidad media del viento, independientemente de su simultaneidad o no a la precipitación, obteniendo de manera aproximada la presión eólica que realmente se esté dando en esa localización.

Para ello habrá que contar con los valores de los parámetros de exposición, recogidos en emplazamientos próximos, y llevar a cabo una representación gráfica de la presión eólica en dichos emplazamientos frente a su DRW calculado.

Con los distintos puntos, se representará una recta de regresión, desarrollada a partir de una ecuación, en la cual introduciendo el dato de la presión eólica, obtenemos el DRWP correspondiente.

Las tablas se encuentran representadas y comentadas en el anexo 3 del presente documento.

#### 6.5. PLUVIOMETRÍA FRENTE AL daDRI

De forma análoga al análisis anterior, se puede obtener el valor del daDRI de manera aproximada, para aquellos casos con ausencia de datos diarios de velocidad del viento simultáneo.

En estos casos, el dato de entrada en la gráfica, será la pluviometría media del emplazamiento, el cual sustituido en la ecuación arrojada por la recta de regresión, da lugar a un valor del daDRI, aunque solo aproximado puesto que se obtiene a través únicamente de la pluviometría y depende también de la velocidad del viento simultáneo.

Éstas tablas, se encuentran representadas y comentadas en el anexo 3 del presente documento.

## **7. CONCLUSIONES**

**-El presente trabajo, pone de manifiesto que el actual método propuesto por el CTE en su DB-HS<sub>i</sub>, para la determinación del coeficiente de exposición a la humedad sobre las fachadas de los edificios es mejorable, tanto sus criterios de división geográfica, como las variables propuestas para su cálculo.**

**-Tres parámetros de cálculo estandarizado en el ámbito internacional, no contemplados en el CTE, lluvia batiente (WDR), presión eólica simultánea (DRWP) y el riesgo existente por la combinación de ambos (RIWP), parecen básicos para la caracterización de la exposición, hasta el punto de determinar cuál es la fachada más expuesta.**

**-Los resultados obtenidos en las comunidades del País Vasco, La Rioja, Islas Canarias e Islas Baleares, así como los mapas elaborados en función de los mismos, podrían ser tenidos en cuenta en futuras revisiones del citado Documento Básico, para la mejora del grado de impermeabilidad asignado en fachadas. Forman parte de un estudio comenzado ya hace algún tiempo, que busca igualar la caracterización de la exposición en fachadas, al nivel de otros países del marco europeo, basándola en registros diarios y en la aplicación de los parámetros estudiados.**

**-En un proyecto de esta naturaleza, la obtención de resultados válidos y fiables, y por tanto aplicables, depende de la calidad de los registros climáticos utilizados, de un tratamiento limpio y ordenado de los mismos y de un exhaustivo análisis final.**

**-Si en algún momento, este estudio pasase a ser abarcado por el ministerio competente del Gobierno, sería recomendable que se añadiesen los datos de las estaciones cuyos registros no son de libre acceso y de esta concretar en mayor grado el valor de estos parámetros.**

**-También sería interesante, llegar a abarcar la totalidad de las comunidades autónomas, para aportar datos de calidad.**

**“SI BUSCAS RESULTADOS DISTINTOS, NO HAGAS SIEMPRE LOS MISMO”**

A.Einstein

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Broto, C. (2006). *Enciclopedia Broto de las patologías de la construcción*.
- [2] Lozano, A., Lozano, G., del Coz, J.J. (2006). *Curso: Síndrome, patología y terapéutica de las humedades*. Gijón: Autoeditor.
- [3] Sanders, C. (1996). *Heat, air and moisture transfer in insulated envelope parts: Environmental conditions*. Final report, Annex 24, Vol. 2. Leuven: International Energy Agency.
- [4] Del Coz, J.J., Rabanal, F.P., García, P.J., Domínguez, J., Rodríguez, B., Pérez, J.M. (2013). Hygrothermal properties of lightweight concrete: Experiments and numerical fitting study. *Construction and Building Materials*,
- [5] Bornehag, C.G., Blomquist, G., Gyntelberg, F., Järholm, B., Malmberg, P., Nordvall, L., Nielsen, A., Pershagen, G., Sundell, J. (2001). Dampness in buildings and health. *Indoor Air*.
- [6] World Health Organization. (2011). *Environmental burden of disease associated with inadequate housing. Methods for quantifying health impacts of selected housing risks in the WHO European Region*. Copenhagen: World Health Organization.
- [7] Pérez-Bella, J. M., Domínguez-Hernández, J., Rodríguez-Soria, B., del Coz-Díaz, J. J., Cano-Suñén, E. (2015). Revisión y mejora de la caracterización del grado de impermeabilidad requerido por el CTE DB-HS1 para fachadas de edificación.
- [8] *Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación*
- [9] Ministerio de Vivienda. (2006). *Código Técnico de la Edificación. Documento Básico – Salubridad*. Madrid: Ministeriode Vivienda.
- [10] Hoppestad, S. (1955). *Slagregn i Norge (Lluvia batiente en Noruega)*. Report no. 13. Oslo: Norwegian Building Research Institute.
- [11] Cornick, S.M., Lacasse, M.A. (2005). A review of climate loads relevant to assessing the watertightness performance of walls, windows, and wall-window interfaces. *Journal of ASTM International*.
- [12] José M. Pérez-Bella, Javier Domínguez-Hernández, Enrique Cano-Suñén, Juan J. del Coz-Díaz, Ángel Martín-Rodríguez, E. (2014). Procedure for a detailed territorial assessment of wind-driven rain and driving-rain wind pressure and its implementation to three Spanish regions
- [13] Pérez, J.M., Domínguez, J., Rodríguez, B., del Coz, J.J., Cano, E. (2012). Estimation of the exposure to moisture in Spain from daily wind and rain data. *Building and Environment*.

- [14] CEN. (2009). *EN ISO 15927-3 Hygrothermal performance of buildings - Calculation and presentation of climatic data Part 3: Calculation of a driving rain index for vertical surfaces from hourly wind and rain data*. European Committee for Standardization.
- [15] AENOR. (2011). *UNE-EN ISO 15927-3 Comportamiento higrotérmico de los edificios – Cálculo y presentación de datos climáticos. Parte 3: Cálculo de un índice de lluvia para superficies verticales a partir de datos horarios de viento y lluvia*. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación.
- [16] Pérez, J.M., Domínguez, J., Rodríguez, B., del Coz, J. J., Suñén, E. (2013). Optimised method for estimating directional driving rain from synoptic observation data. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*
- [17] Estaciones climatológicas País Vasco; Euskalmet-esuskadi-eus
- [18] Estaciones climatológicas islas Canarias:  
<http://www.gobiernodecanarias.org/agricultura/desarrollorural/agroclimatica/estaciones.html>
- [19] Estaciones climatológicas Islas Baleares e Islas Canarias:  
<http://eportal.magrama.gob.es/websiar/Inicio.aspx>
- [20] Estaciones climatológicas La Rioja:  
<http://www.larioja.org/emergencias-112/es/meteorologia>  
<http://www.larioja.org/agricultura/es/informacion-agroclimatica/datos-estaciones>
- [21] Estaciones Islas Baleares:  
<http://www.uib.cat/depart/dfs/meteorologia/METEOROLOGIA>
- [22] Agencias estatal de meteorología (AEMET)
- [23] Lacy, R.E. (1965). Driving-rain maps and the onslaught of rain on buildings. En *Proceedings of RILEM/CIB symposium on moisture problems in buildings*. Helsinki.
- [24] Lacy, R.E., Shellard, H.C. (1962). An index of driving rain. *The Meteorological Magazine*, 91(1080): 177-84.
- [25] CEN. (2001). *EN 12865:2001. Hygrothermal performance of building components and building elements. Determination of the resistance of external wall systems to driving rain under pulsating air pressure*. European Committee for Standardization.
- [26] ASTM. (2009). *ASTM E331-00. Standard test method for water penetration of exterior windows, skylights, doors, and curtain walls by uniform static air pressure difference*. American Society for Testing and Materials.

[27] Pérez, J.M., Domínguez, J., Rodríguez, B., del Coz, J.J., Cano, E., 2013b. Combined use of wind-driven rain and wind pressure to define water penetration risk into building façades : the Spanish case. Build. Environ. 64, 46–56.

[28] Información geográfica País Vasco: [https://es.wikipedia.org/wiki/Pa%C3%ADs\\_Vasco](https://es.wikipedia.org/wiki/Pa%C3%ADs_Vasco)

[29] Información climatológica: Euskalmet

[30] Información geográfica La Rioja: [https://es.wikipedia.org/wiki/La\\_Rioja\\_\(Espa%C3%B1a\)](https://es.wikipedia.org/wiki/La_Rioja_(Espa%C3%B1a))

[31] Información climatológica: Gobierno de La Rioja.

[32] Información geográfica Islas Canarias: <https://es.wikipedia.org/wiki/Canarias>

[33] Información climatológica: Gobierno de Islas Canarias.

[34] Información geográfica Islas Baleares: [https://es.wikipedia.org/wiki/Islas\\_Baleares](https://es.wikipedia.org/wiki/Islas_Baleares)

[35] Información climatológica: Gobierno de Islas Baleares.

## 9. ANEXOS

ANEXO 1. COMPARACIÓN PLUVIOMÉTRICA Y VIENTO CON EL CTE ..... 1

ANEXO 2. DATOS GENERALES DE CADA ESTACIÓN.....6

ANEXO 3. TABLAS DISTINTAS COMUNIDADES.....130

ANEXO4. MAPAS DE EXPOSICIÓN  $D_{ADRI}$  Y  $DRWP$  .....134